

Evaluation of Bio-degradable Drip Irrigation Tapes from the Technical Point of View and Irrigation Water Productivity

M .H. Mohammadi, M.R Khaledian* , and J.A. Olfati

MSc. Student, Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; Rasht, Iran.

hadimhmmohammadi@gmail.com

Department of Water Eng., Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan; Rasht, Iran, and Department of Water Engineering and Environment, Caspian Sea Basin Research Center. khaledian@guilan.ac.ir

Associate Prof., Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan.

jamalaliolfati@gmail.com

Received: December 2024 and Accepted: July 2025

Abstract

Nowadays, a large amount of plastic materials is used in the agricultural sector, but their remains in agricultural lands have caused many problems. The use of biodegradable materials can be a suitable solution, and the challenges of using these materials must first be carefully examined. In this research, oxo biodegradable drip irrigation tapes were used under the field conditions. During one cropping season, the tapes were used in two situations: under and on the soil surface, together with shade and non-shade plants (beans and radish). After 6 and 11 months, the tapes were examined in terms of technical indicators such as distribution uniformity and water application efficiency of radish and beans. Results showed that, compared to normal pipes, the pipes made with oxo additive did not differ in terms of technical indicators and irrigation water productivity, and they can be used in irrigation. The use of biodegradable drip irrigation tapes, along with increasing the irrigation water productivity compared to other irrigation systems, will reduce the accumulation of plastic materials in agricultural lands.

Keywords: Beans, Radish, Water distribution uniformity

* - Corresponding Author's email: khaledian@guilan.ac.ir
<https://doi.org/10.22092/jwra.2025.368011.1067>

ارزیابی لوله‌های آبیاری قطره‌ای زیست‌تخریب‌پذیر از نظر فنی و بهره‌وری آب آبیاری

محمدهادی محمدی، محمدرضا خالدیان*  و جمالعلی الفتی چیرانی

دانشجوی کارشناسی ارشد گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

hadimhmmohammadi@gmail.com

دانشیار گروه مهندسی آب دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان و گروه پژوهشی مهندسی آب و محیط‌زیست پژوهشکده حوزه دریای خزر، رشت.

khaledian@guilan.ac.ir

دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان.

jamalaliolfati@gmail.com

دریافت: آذر ۱۴۰۳ و پذیرش: تیر ۱۴۰۴

چکیده

امروزه، حجم زیادی از مواد پلاستیکی در بخش کشاورزی به کار می‌رود ولی بقایای آن‌ها در زمین‌های کشاورزی مشکلات زیادی را ایجاد کرده است. استفاده از مواد زیست‌تخریب‌پذیر می‌تواند راهکار مناسبی باشد که ابتدا باید چالش‌های استفاده از این مواد به‌طور دقیق بررسی شود. در این بررسی، لوله (تیپ) آبیاری قطره‌ای با استفاده از مواد اکسوزیست‌تخریب‌پذیر تولید و در شرایط مزرعه استفاده شد. در طول یک فصل زراعی، لوله‌ها در دو حالت زیر و روی خاک و همراه با گیاه سایه‌انداز و بدون سایه (لویا و تربچه) استفاده شد. بعد از ۶ و ۱۱ ماه استفاده از لوله‌ها، عملکرد فنی آن‌ها نظیر یکنواختی توزیع و بازده کاربرد آب بررسی شد. نتایج نشان داد که لوله‌های ساخته‌شده با افزودنی اکسو در مقایسه با لوله‌های معمولی، از نظر شاخص‌های فنی مورد بررسی و بهره‌وری آب آبیاری تفاوتی ندارند و می‌توان از آن‌ها در آبیاری استفاده کرد. کاربرد لوله‌های آبیاری قطره‌ای زیست‌تخریب‌پذیر در کنار افزایش بهره‌وری آب آبیاری نسبت به سایر سامانه‌های آبیاری موجب کاهش انباشت مواد پلاستیکی در زمین‌های کشاورزی خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: تربچه، لویا، یکنواختی توزیع آب

* - آدرس ایمیل نویسنده مسئول: khaledian@guilan.ac.ir



مقدمه

مصرف جهانی کنونی پلاستیک بیش از ۲۰۰ میلیون تن است که رشد سالانه تقریباً پنج درصدی دارد و مصرف زیاد نفت خام را به دنبال خواهد داشت (صمدی‌پور هندواری و همکاران، ۱۳۹۲). همچنین مشکلات زیست-محیطی ناشی از زباله‌های پلاستیکی بر کسی پوشیده نیست. پلیمرهای معمولی هنوز هم بهترین ماده برای ساخت بسیاری از محصولات هستند که نیاز به فیلم‌های سخت دارند، زیرا پلی‌اتیلن و پلی‌پروپیلن ارزان هستند و ساخت محصولات با آن‌ها آسان است. اگرچه هر دو پلیمر به‌طور طبیعی تخریب می‌شوند، اما مدت‌زمان لازم برای تخریب آن‌ها در محیط‌زیست بسیار طولانی است و افزایش تقاضا برای چنین موادی نیاز به روش‌هایی برای تسریع و بهبود تجزیه آن‌ها را اثبات می‌کند. راه‌حل مناسب این مشکل، سرعت بخشیدن به اکسیداسیون این پلیمرها است.

در بسیاری از پژوهش‌های پیشین، هدف این بود که پلیمرها به‌سرعت در پایان عمر مفید خود تخریب شوند و سرانجام، با تخریب کلی مکانیکی، پلاستیک باقی‌مانده از آن‌ها بدون تأثیر منفی بر محیط به چرخه‌زیستی منتقل شود. فرمولاسیون پلاستیک تجزیه‌پذیر (TDPA^۱) می‌تواند در طی فرآیند عادی در پلی‌الفین‌های معمولی ترکیب شود تا اکسیداسیون در معرض اشعه ماورای بنفش (UV^۲) و مهم‌تر از آن در معرض حرارت تسریع شده و استفاده از آن‌ها منجر به تولید محصولاتی شود که زیست‌تخریب‌پذیر هستند (بیلینگام و همکاران، ۲۰۰۳).

اندازه‌گیری مقدار و سرعت تخریب محصولات تولیدشده با افزودنی‌های اکسوزیست‌تخریب‌پذیر با استفاده از آزمایش‌هایی از جمله طیف‌سنجی، آزمون کشش و اندازه‌گیری وزن مولکولی آن‌ها انجام‌پذیر است و کاهش مقاومت مکانیکی و طول زنجیره و تشکیل محصولات اکسیداسیون را نشان می‌دهد (تانگ و همکاران، ۱۹۹۹). پلاستیک‌های اکسوزیست‌تخریب‌پذیر می‌توانند به‌عنوان مثال، به پلی‌اتیلن با چگالی بالا (HDPE^۳) اضافه

شوند و تجزیه آن را در پایان عمر محصول تضمین کنند. تجزیه پلیمرهای زیست‌تخریب‌پذیر با مشارکت ریزجاندارانی مانند باکتری و قارچ صورت می‌گیرد. با این حال، تجزیه پلیمرهای اکسوزیست‌تخریب‌پذیر پیچیده‌تر است و دارای دو مرحله است. مرحله اول، فعال‌سازی مواد اکسیدکننده افزودنی است. این امر می‌تواند به‌عنوان مثال، تحت تأثیر اشعه فرابنفش و گرما رخ دهد (اسکات، ۲۰۰۰). مرحله دوم تخریب با مشارکت ریزجانداران (تجزیه بیولوژیک مناسب) است. به‌نظر می‌رسد با کنترل مقدار مصرف و انتخاب مناسب نوع افزودنی می‌توان محصولات زیست‌تخریب‌پذیری تولید کرد که در طی فرآیند تولید پلیمر و نیز طول عمر مفید مصرف آن‌ها کارایی قابل قبولی داشته و پس از سپری‌شدن زمان معینی شروع به تجزیه و تخریب کنند و در عین حال اثر سوء در محیط‌زیست از خود باقی نگذارند (وایلز و اسکات، ۲۰۰۶).

مواد افزودنی زیست‌تخریب‌پذیر، باعث افزایش تجزیه بیولوژیک در پلیمرها با اجازه دادن به ریزجانداران به استفاده از کربن در زنجیره پلیمر به‌عنوان یک منبع انرژی می‌شوند. این افزودنی‌ها با ایجاد بیوفیلم روی مواد پلاستیکی، ریزجانداران را به پلیمر جذب می‌کنند. مواد افزودنی به‌طور کلی به شکل مستریج هستند که از رزین‌های حامل مانند پلی‌اتیلن، پلی‌پروپیلن، پلی‌استایرن یا پلی‌اتیلن-ترفتالات استفاده می‌کنند. افزودن مواد زیست‌تخریب‌پذیر می‌تواند فرآیند تجزیه پلاستیک را با تغییر خواص شیمیایی و فیزیکی پلاستیک‌ها برای افزایش سرعت تجزیه تحت تأثیر قرار دهد. افزودنی‌های زیست‌تخریب‌پذیر به‌جای اینکه مواد تنها توسط عوامل محیطی مانند نور و گرما تجزیه شوند، امکان تجزیه شدن پلیمرها توسط میکروارگانیسم‌ها و باکتری‌ها از طریق حمله مستقیم یا غیرمستقیم را فراهم می‌کنند (تاکایا و همکاران، ۲۰۰۹).

پلاستیک‌های زیست‌تخریب‌پذیر می‌توانند کاربردهایی مشابه پلاستیک‌های نفتی داشته باشند (پاتاک و همکاران، ۲۰۱۴). سیاه‌های اخیر جایگزینی پلیمرهای

^۳ -High Density Poly Ethylene

^۱ - Totally Degradable Plastic Additives

^۲ -Ultra Violet

زیست تخریب پذیر با زیست تخریب ناپذیر است که در محیط ماندگاری کم تری دارند. این پلیمرها به راحتی قابل تجزیه اند تا از تجمع مداوم بقایای پلاستیک در خشکی و دریا جلوگیری کنند. طبق تعریف، مواد زیست تخریب پذیر موادی هستند که می توانند با باکتری ها، قارچ ها یا سایر روش های بیولوژیک تجزیه شوند. این مواد به طور معمول با محصولات سازگار با محیط زیست ساخته شده و می تواند به عناصر طبیعی تجزیه شود (تیان و بلال، ۲۰۲۰).

پلیمرهای زیست تخریب پذیر برای تجزیه و تخریب در زمین مناسب هستند با این حال قیمت آن ها ۲/۵ تا ۱۰ برابر از پلیمرهای معمول در حال استفاده گران ترند و اغلب ویژگی های فیزیکی و شیمیایی از خود نشان می دهند که استفاده از آن ها را محدود می کند. مواد زیست تخریب پذیر از اصلاح پلاستیک های متداول حاصل از منابع تجدیدناپذیر و تجدیدپذیر تشکیل شده است. در حال حاضر، این مواد جایگزین اقتصادی تری نسبت به سایر پلیمرهای زیست تخریب پذیر هستند و هزینه نهایی را فقط در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد افزایش می دهند (استیونس، ۲۰۰۳). این مواد یک نوع ماده افزودنی هستند که به پلی اتیلن ها، پلی پروپیلن ها، پلی استایرن ها و سایر پلیمرها اضافه می شوند. ساختار این مسترچ ها شامل کبالت، منگنز و ترکیبات آهن و همچنین مواد دیگری است که بقایای حاصل از تجزیه آن ها سمیت زیادی را به وجود نمی آورند، با این وجود، هنوز به اندازه سایر پلیمرهای زیست تخریب پذیر شناخته نشده اند (اجدا و همکاران، ۲۰۰۹).

توسعه سامانه های آبیاری تحت فشار بخشی از راهکارهای مدیریتی برای صرفه جویی، افزایش کارایی و بهره وری آب کشاورزی است که از سال ۱۳۶۶ در کشور آغاز شده است (محقق زاده و کرمی، ۱۳۹۶). استفاده از روش های آبیاری با راندمان زیاد علاوه بر افزایش بهره وری آب باعث بهبود کارایی اقتصادی مزرعه نیز می شود (داریوک و همکاران، ۲۰۱۷). آبیاری قطره ای یکی از کم

مصرف ترین سامانه های آبیاری با راندمان بسیار زیاد است (موریسون و همکاران، ۲۰۰۸). تا به امروز، سامانه های آبیاری قطره ای در باغ ها به خوبی مورد استقبال قرار گرفته اند (ال سید و الهاگاری، ۲۰۱۴). امروزه روشی از این سامانه به نام سامانه تیپ (نوار آبد) برای گیاهان ردیفی از جمله چغندر قند، ذرت، پنبه و گندم مورد استفاده قرار گرفته و در کشور ما نیز به صورت موفقیت آمیزی توسعه پیدا کرده است (اخوان و همکاران، ۱۳۸۶).

کاظم عطار و همکاران (۱۳۹۹) گزارش کردند که با توجه به گسترش استفاده از آبیاری قطره ای تیپ در اراضی زراعی، در صورت اجرای سامانه های آبیاری قطره ای در تمامی اراضی موجود، محصولات دارای بهره وری اقتصادی بیش تر خواهند بود. با توجه به اینکه در کشور ما، حدود ۸۵ درصد هزینه های طراحی و اجرای سامانه های آبیاری تحت فشار توسط دولت به عنوان یارانه در اختیار کشاورز قرار می گیرد، اجرای سامانه آبیاری قطره ای نواری می تواند مورد توجه سیاست گذاران و کارشناسان این بخش قرار گیرد؛ چراکه در حال حاضر تولیدکنندگان داخلی توانایی تولید لوله های آبد را دارند و بهره وری آب این سامانه نیز بسیار مناسب تر از سایر سامانه ها است (خالدیان و همکاران، ۱۳۹۵).

لوله های تیپ معایب و مشکلاتی را نیز دارند. میزان تیپ مصرفی برای هر هکتار از ۱۰ تا ۵۰ کیلومتر متغیر است. به طور معمول، برای آبیاری یک هکتار، ۲۵ کیلومتر تیپ نیاز است. در خوش بینانه ترین حالت اگر فرض شود که در هر فصل، ۱۰ درصد این نوارها در زمین باقی بماند، بعد از ۱۰ سال، میزان تپیی که در زمین باقی می ماند برابر ۲۵ کیلومتر و بعد از ۲۰ سال این عدد به ۵۰ کیلومتر می رسد. حال اگر فرض شود که در اثر عملیات زراعی و یا گذر زمان این نوارها به تکه های ۵۰ سانتی متری تبدیل شوند، بعد از ۱۰ سال، در هر هکتار ۵۰ هزار قطعه و بعد از ۲۰ سال در هر هکتار ۱۰۰ هزار قطعه پلاستیک رها می شود. با توجه به رویکرد افزایش بی رویه اراضی تحت پوشش این سامانه ها در کشور، سهم کشاورزی در

تولید ضایعات پلاستیکی بسیار زیاد خواهد بود (احمدآلی و همکاران، ۱۳۹۵). مشکلات این نوارها در خارج از فصل را می‌توان به دو دسته مشکلات جمع‌آوری تیپ و مشکلات رهاسازی آن‌ها در مزرعه دسته‌بندی نمود. جمع‌آوری نوارهای آبیاری قطره‌ای در پایان فصل آبیاری باعث تحمیل هزینه‌های اضافه کارگری و نیز هزینه‌های اضافی نگهداری می‌شود. بر اساس مشاهدات میدانی از طرح‌های آبیاری نواری تیپ در استان‌های مختلف کشور، این نتیجه حاصل شده که اصولاً کشاورزان اقدامی برای جمع‌آوری این نوارها انجام نمی‌دهند و این نوارها عملاً در سطح مزرعه رها می‌شوند. افزون بر مشکلات یاد شده در مزرعه و متعاقباً اثرات مستقیم ضایعات پلاستیکی بر محیط‌زیست، یکی از جدی‌ترین مشکلات این نوارها تکه‌تکه شدن آن‌ها است. در حالتی که نوارها در سطح مزرعه رها شوند، به‌مرور زمان در اثر اشعه آفتاب و یا ماشین‌آلات کشاورزی قطعه‌قطعه شده و تبدیل به ضایعات می‌شوند.

این مشکلات، بالاخص مسائل زیست‌محیطی ناشی از تیپ‌های ساخته‌شده با پلاستیک‌های تخریب‌ناپذیر، موجب پدید آمدن ایده‌ی ساخت آن‌ها با پلیمرهای تجزیه‌پذیر (پلاستیک‌های زیستی) شده است (هربی، ۲۰۱۰). لوله‌های ساخته‌شده باید از نظر فنی هم مورد بررسی قرار گیرند. بازده یک سامانه آبیاری قطره‌ای به عملکرد هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها و معیارهای طراحی بستگی دارد. بدین‌منظور، شاخص‌های ضریب تغییرات ساخت، تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها، یکنواختی و بازده سامانه‌ها باید مورد بررسی قرار گیرند. تا به امروز تعاریف زیادی برای بهره‌وری آب در کشاورزی ارائه شده است. به‌طور مثال، بهره‌وری بیشتر آب کشاورزی از دیدگاه اقتصادی به معنای سود بیشتر نسبت به واحد حجم آب است. بهره‌وری آب کشاورزی از دیدگاه امنیت غذایی به معنای تولید انرژی، پروتئین و یا محصول غذایی بیشتر به ازای واحد حجم آب (نه واحد سطح زیرکشت) است و در یک تعریف کلی می‌توان گفت که در کشاورزی، بهره‌وری، میزان خروجی یک سامانه به آب مصرفی در سامانه، در

زمان و مکان مشخص است (دهقانی‌سانبج و کشاورز، ۱۳۹۱).

با توجه به مروری بر منابع، به نظر می‌رسد پژوهش‌های جامع‌ی درباره ساخت تیپ با مواد زیست‌تخریب‌پذیر مانند افزودنی اکسو و نشاسته انجام نگرفته باشد. در این پژوهش، ابتدا امکان ساخت تیپ آبیاری قطره‌ای با نشاسته از منابع مختلف و ترکیب آن‌ها و همین‌طور افزودنی‌های اکسوزیست‌تخریب‌پذیر به مواد پلی‌اتیلن در فرآیند ساخت لوله تیپ بررسی شد و نتایج آن توسط محمدی و همکاران (۱۴۰۱) گزارش شد. در ادامه، میزان تخریب فیلم‌ها و تیپ‌های ساخته‌شده با اندازه‌گیری درصد تغییر وزن، میزان تغییر کدورت و ویژگی‌های مکانیکی آن‌ها بعد از گذشت یک سال استفاده در شرایط واقعی مزرعه سنجیده شد (محمدی و همکاران، ۲۰۲۴). در آن مقاله، پس از ساخت تیپ زیست‌تخریب‌پذیر و کاربرد آن در شرایط مزرعه، آزمون‌های مختلفی در مقیاس آزمایشگاهی انجام شد.

در پژوهش محمدی و همکاران (۲۰۲۴) از افزودنی اکسوزیست‌تخریب‌پذیر به‌عنوان تسریع‌کننده تخریب در فرآیند تولید نوارهای تیپ استفاده شد. بعد از تولید، این تیپ‌ها در شرایط واقعی و طی یک‌فصل زراعی و در تیمارهای زیر و روی خاک و همراه با گیاه سایه‌انداز و بدون سایه (به‌ترتیب، لوبیا و تربچه) استفاده شدند. بعد از ۶ و ۱۱ ماه استفاده از تیپ‌ها، نمونه‌برداری از آن‌ها به‌منظور بررسی تخریب آن‌ها صورت گرفت. نتایج نشان داد که لوله‌های ساخته‌شده با افزودنی اکسو در مقایسه با لوله‌های معمولی، تخریب خود را بیشتر و سریع‌تر آغاز کردند. کاهش ویژگی‌هایی مانند وزن و کدورت و خواص مکانیکی مانند استحکام تنشی در نقطه پارگی، ازدیاد طول در نقطه پارگی، مدول یا نگ و جقرمگی در لوله‌های تولیدشده همراه با افزودنی اکسو نسبت به لوله‌های معمولی نشان‌دهنده تخریب بیشتر و سریع‌تر در آن‌ها بود. نگرانی و پرسشی که در این مرحله از پژوهش پیش آمد این بود که آیا با وجود تخریب ایجاد شده در تیپ‌های

تیپ استفاده شده و در ادامه بررسی‌های آزمایشگاهی و مزرعه‌ای انجام شد. در خاتمه، اثر استفاده از این تیپ بر شاخص‌های فنی و بهره‌وری آب آبیاری بررسی گردید.

مواد و روش‌ها

تولید لوله تیپ زیست تخریب پذیر با مستریج اکسوزیست-

تخریب پذیر

ابتدا، افزودنی زیست تخریب پذیر epi با نام TDPATM از شرکت کران ابرسپار تهران تهیه شد. سپس برای تولید لوله تیپ مورد نظر این افزودنی به شرکت یاشیل قطره زنجان تحویل شد. برای ساخت نمونه مورد نظر، این افزودنی به مقدار پنج درصد وزنی قبل از اکستروژن به گرانول‌های پلی اتیلن افزوده شد و ادامه فرایند ساخت به طور معمول انجام گرفت (شکل‌های ۱ تا ۴)

زیست تخریب پذیر، کماکان شاخص‌های فنی و بهره‌وری آب آبیاری در وضعیت قابل مقایسه‌ای با تیپ معمولی است یا خیر؟ این احتمال وجود داشت که لوله‌های ساخته شده با افزودنی اکسو در شرایط مختلف آزمایش مزرعه‌ای دچار پارگی ریز و نشت آب شده و شاخص‌های ارزیابی فنی افت کنند و در نتیجه بهره‌وری آب آبیاری کاهش یابد. پژوهش حاضر سعی دارد به صورت مستقل از مقاله محمدی و همکاران (۲۰۲۴) به سؤال بالا پاسخ دهد. هدف کلی از پژوهش حاضر، تولید تیپ آبیاری قطره‌ای زیست تخریب پذیر و استفاده از آن در شرایط مزرعه‌ای و آزمایشگاهی است تا محدودیت‌ها، مزیت‌ها و قابلیت‌های آن مشخص شود. با توجه به بررسی منابع انجام شده، به نظر می‌رسد تاکنون پژوهشی جامع در مورد استفاده از مواد اکسوزیست تخریب پذیر در ساخت لوله تیپ آبیاری قطره‌ای انجام نشده باشد؛ بنابراین از این مواد در ساخت



شکل ۲- گرانول پلی اتیلن



شکل ۱- مستریج اکسوزیست تخریب پذیر



شکل ۴- لوله تیپ تولید شده با مستریج اکسوزیست تخریب پذیر



شکل ۳- دستگاه تولید لوله تیپ

کشت تربچه و لوبیا کارگذاری شده و ویژگی‌های فنی و بهره‌وری آب در آن‌ها با یکدیگر مقایسه شد. این بخش از

بعد از تولید لوله‌های تیپ، برای مقایسه آن با لوله تیپ معمولی، هر دو در شرایط مزرعه‌ای و یکسان برای

دقیقه شمالی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۷ متری از سطح دریا اجرا شد. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد نظر در شکل‌های ۵ و ۶ نشان داده شده است.



شکل ۶- موقعیت گلخانه محل انجام پژوهش

پژوهش در تابستان و پاییز سال ۱۳۹۹ در گلخانه مجتمع کارگاهی-نیمه صنعتی پارک علم و فناوری گیلان واقع در روستای فشتام از توابع بخش سنگر در پنج کیلومتری شهرستان رشت با موقعیت طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۸



شکل ۵- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

کم باران ترین ماه نیز مرداد بود. متوسط رطوبت سالانه ۸۱ درصد بود. حداکثر رطوبت آن مربوط به آبان و کم رطوبت-ترین ماه نیز اردیبهشت و خرداد گزارش شده است. میانگین ماهانه عوامل اقلیمی بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ در ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت در جدول ۱ ارائه شده است.

برای اطلاعات هواشناسی این منطقه از داده‌های ۳۰ ساله ایستگاه سینوپتیک رشت بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ استفاده شد. میانگین سالانه دما ۱۷/۲ درجه سلسیوس بود. میانگین بیشینه دما ۲۱/۷ و میانگین کمینه دما ۱۲/۶ درجه سلسیوس بود. میزان بارندگی سالانه بیش از ۱۲۰۰ میلی متر بوده، ماه‌های پرباران آن آبان و مهر و

جدول ۱- میانگین ماهانه عوامل اقلیمی بین سال‌های ۱۳۶۹ تا ۱۳۹۹ ایستگاه هواشناسی کشاورزی رشت

ماه	بارندگی (mm)	مجموع ساعات آفتابی	سرعت باد (m/s)	رطوبت نسبی (%)	دمای بیشینه (°C)	دمای کمینه (°C)
فروردین	80.9	133.9	3.2	80.3	20.3	10.4
اردیبهشت	73.8	182.1	3.2	76.7	26.1	16.2
خرداد	63.1	206.8	3	74.7	29.7	19.8
تیر	39.4	232.5	2.7	76.9	31.4	21.9
مرداد	37.1	236.7	2.9	77.8	30.7	20.9
شهریور	118	133.3	4	83	26.9	18.4
مهر	164	121.9	3.8	85.1	23.2	14.5
آبان	173	109.6	4.1	86.5	16.7	8.5
آذر	119.6	100.4	4.3	84.4	14.5	6
دی	119.4	109.1	4.1	82.8	12.1	3.4
بهمن	106.6	104.4	5	81.9	13.1	4.1
اسفند	114.2	119	4.5	82.1	16	7.1

برای بررسی مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک
محل آزمایش، نمونه برداری از خاک گلخانه انجام شد و در
آزمایشگاه فیزیک و شیمی خاک دانشکده علوم کشاورزی
دانشگاه گیلان، تجزیه شد. جدول‌های (۲) و (۳) به ترتیب

جدول ۲- برخی ویژگی‌های فیزیکی خاک گلخانه

عمق لایه (cm)	نوع بافت	رس (%)	سیلت (%)	شن (%)	نقطه پژمردگی (%)	ظرفیت زراعی (%)	جرم ویژه ظاهری خاک (g/cm ³)
0 – 20	Sandy-loam	18	30	52	18.9	34.02	1.29

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی عصاره اشباع خاک گلخانه

عمق لایه (cm)	ماده آلی (%)	ECe (μS/cm)	اسیدیته خاک (pH)	N (mg.L ⁻¹)	Na (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	Ca (mg.L ⁻¹)
0 – 20	0.97	0.7	7.85	0.05	14.69	15.56	60.01

جدول ۴- مشخصات شیمیایی آب آبیاری

نیترات (mg.L ⁻¹)	نیتریت (mg.L ⁻¹)	pH	EC (μS/cm)	CaCO ₃ (mg.L ⁻¹)	Mg (mg.L ⁻¹)	Ca (mg.L ⁻¹)
2.98	26.68	7.2	899	14.69	31.88	108.5

اختلافات از آزمون توکی برای مقایسه میانگین‌ها استفاده شد.

تیمارهای مطالعه شده به این ترتیب نام‌گذاری شد: ۱- لوله تیپ معمولی سطحی با گیاه سایه‌انداز (NS1)؛ ۲- لوله تیپ معمولی زیرسطحی با گیاه سایه‌انداز (NZ1)؛ ۳- لوله تیپ زیست‌تخریب‌پذیر سطحی با گیاه سایه‌انداز (BS1)؛ ۴- لوله تیپ زیست‌تخریب‌پذیر زیرسطحی با گیاه سایه‌انداز (BZ1)؛ ۵- لوله تیپ معمولی سطحی با گیاه بدون سایه (NS2)؛ ۶- لوله تیپ معمولی زیرسطحی با گیاه بدون سایه (NZ2)؛ ۷- لوله تیپ زیست‌تخریب‌پذیر سطحی با گیاه بدون سایه (BS2)؛ ۸- لوله تیپ زیست-تخریب‌پذیر زیرسطحی با گیاه بدون سایه (BZ2)؛ ۹- لوله تیپ معمولی (N00) و ۱۰- لوله تیپ زیست‌تخریب‌پذیر (B00) برای ارزیابی و بررسی لوله‌های تیپ از نظر عملکرد. حین دوره آبیاری، لوله‌ها بعد از شش ماه مورد آزمایش قرار گرفتند. بدین منظور طول تیپ به سه قسمت یک‌متری تقسیم شده و از هر قسمت حجم آب دو قطره‌چکان یک و چهار در فشار یک بار با استفاده از استوانه مدرج و در زمان یک دقیقه اندازه‌گیری شد. سپس ضریب تغییرات ساخت

مساحت زمین در حدود ۷۰ متر مربع بود. آب مورد نیاز آبیاری از طرح شبکه آب‌رسانی موجود در گلخانه دارای فشار کاری حدود یک بار تأمین می‌شد. مطالعه در قالب طرح کاملاً تصادفی بود. تیمارهای مطالعه شده شامل دو تیمار آبیاری قطره‌ای تیپ سطحی و زیرسطحی برای دو گیاه تربچه به عنوان گیاه بدون سایه و لوبیا سبزه به عنوان گیاه سایه‌انداز، هر یک با سه تکرار بود. عملیات کاشت و مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد و به منظور تولید محصول ارگانیک از هیچ کود و سمی استفاده نشد. لوله‌های تیپ نیز شامل دو نوع معمولی و زیست‌تخریب‌پذیر بود. نوارهای آبیاری زیرسطحی در عمق ۱۵ سانتی‌متری جاگذاری شدند. ابتدای هر نوار به مانیفولد ۳۲ میلی‌متری و یک شیر قطع و وصل جریان آب وصل بود و انتهای هر نوار با بست مسدود شد.

فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۰/۵ متر بود که هر کرت با ابعاد ۲×۳ متر با سه نوار آبیاری قطره‌ای با قطر ۱۶ میلی‌متر با فاصله روزنه ۲۰ سانتی‌متری که دبی هر تیپ چهار لیتر در ساعت در متر بود، آبیاری می‌شد. از نرم‌افزار SPSS برای تجزیه واریانس و در صورت معنی‌دار بودن

آبیاری بیشینه باشد. در این روش، هزینه‌ی تولید محصول در نظر گرفته نمی‌شود (کریمی و جلیلی، ۱۳۹۶).

نتایج و بحث

ارزیابی فنی لوله‌های تیپ ساخته شده با مستریج و مقایسه با

لوله‌های تیپ عادی

ضریب ساخت (CV)

نتایج ارزیابی ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان لوله‌های تیپ معمولی و لوله‌های تیپ ساخته شده با مواد آکسو در جدول (۵) ارائه شده است. بر اساس طبقه‌بندی انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا، لوله‌های ساخته شده با افزودنی آکسو و لوله‌های معمولی در گروه عالی قرار گرفته‌اند؛ بنابراین این لوله‌ها از نظر ضریب ساخت قطره‌چکان‌ها تفاوتی با یکدیگر ندارند و می‌توان این دو را یکسان در نظر گرفت. کریمی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی تیپ در دو طول ۲۰ و ۶۰ متر به‌طور کلی ضریب ساخت قطره-چکان‌ها را در گروه عالی ارزیابی کردند. باقری و همکاران (۱۳۹۵) در بررسی سامانه آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در باغ پرتقال و هلو مقدار ضریب تغییرات قطره‌چکان‌ها را در حدود ۲۰ درصد و ضعیف ارزیابی کردند. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی نیشکر، ضریب تغییرات ساخت قطره‌چکان‌ها را در محدوده نسبتاً خوب ارزیابی نمودند.

درصد خطای دبی اندازه‌گیری و تغییرات دبی در قطره-

چکان‌ها

جدول (۶) نتایج مربوط به بررسی لوله‌های تولید شده از نظر درصد خطای دبی اندازه‌گیری و تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها را نشان می‌دهد. بر این اساس، درصد خطای دبی اندازه‌گیری در لوله‌های تولیدی در اکثر تیمارها خوب ارزیابی شد. البته در سه تیمار NS2، NZ2 و BZ2 متوسط بود. در پارامتر مقدار دبی اندازه‌گیری شده بر اساس طبقه‌بندی انجمن مهندسين کشاورزی آمریکا همه تیمارها عالی، ولی در سه تیمار NS2، NZ2 و BZ2 قابل قبول

قطره‌چکان (CV) (علیزاده، ۱۳۸۵)، درصد خطای دبی اندازه‌گیری (Q_d) (حسن‌زاده آرنایی و فتحی، ۱۳۹۲)، تغییرات دبی در قطره‌چکانها (Q_{var}) (علیزاده، ۱۳۸۸)، ضریب یکنواختی توزیع آب (CU) (حسینیان خطیب گورابی، ۱۳۹۳)، یکنواختی توزیع (DU) (علیزاده، ۱۳۸۸)، یکنواختی آماری (UC) (علیزاده، ۱۳۸۵)، ضریب یکنواختی ریزش آب قطره‌چکان‌ها (EU) (کلر و کارملی، ۱۹۷۴)، بازده کاربردی آب (EA) (علیزاده، ۱۳۸۵)، بازده پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین (PELQ) (نوشادی و قائمی، ۱۳۹۱) و بازده کاربرد آب در چارک پایین (AELQ) (مریام و کلر، ۱۹۷۸) محاسبه شد.

برای بررسی شاخص‌های بهره‌وری و عملکرد محصول، تربچه بعد از دو ماه و لوبیا بعد از سه ماه به صورت دستی برداشت شد. برگ و غده تربچه تر و دانه خشک شده لوبیا در آن در دمای ۷۰ درجه سلسیوس بعد از توزین به عنوان عملکرد منظور شدند. برای تعیین پارامترهای مربوط به بهره‌وری آب آبیاری با لوله‌های ساخته شده، از دو شاخص بهره‌وری آب آبیاری (WP) و درآمد به ازای واحد آب آبیاری (BPD) استفاده شد. WP معمولاً به صورت نسبت عملکرد محصول به ازای هر واحد آب آبیاری تعریف می‌شود و بر حسب رابطه (۱) محاسبه شد (احسانی و خالدی، ۱۳۸۲).

$$WP = \frac{Y}{I} \quad (1)$$

که در آن، I مقدار آب آبیاری (m^3/ha) در طول فصل آبیاری، (Y) عملکرد محصول (kg/ha) و WP بر حسب kg/m^3 هست. شاخص BPD در واقع نسبت میزان سود ناخالص (درآمد) در هر هکتار به ازای واحد حجم آب آبیاری (مترمکعب در هکتار) است و از رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$BPD = \frac{TR}{I} \quad (2)$$

که در آن TR مقدار ارزش کل فروش محصول در هکتار (ریال) و I حجم آب آبیاری بدون در نظر گرفتن بارندگی است. بر اساس این شاخص، مدیریت آبیاری باید به گونه‌ای باشد که میزان سود ناخالص به دست آمده در واحد آب

ارزیابی شد. دلیل تفاوت مقادیر اندازه‌گیری شده در سه تیمار یادشده با سایر تیمارها می‌تواند ناشی از گرفتگی قطره‌چکان‌ها باشد. پوگ‌بارگوئس و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه دو نوع از قطره‌چکان‌های خودتنظیم‌شونده فشار در سامانه‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی، به این نتیجه رسیدند که میزان گرفتگی قطره‌چکان‌ها در سامانه زیرسطحی سه درصد بیشتر از سامانه سطحی اتفاق می‌افتد. کریمی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی تیپ در دو طول ۲۰ و ۶۰ متر به‌طورکلی تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها را در گروه عالی ارزیابی کردند.

جدول ۵- بررسی ضریب ساخت قطره‌چکان‌ها در لوله‌های تولیدی

تیمار	مقدار CV	گروه‌بندی
NS1	0.017	عالی
NZ1	0.027	عالی
BS1	0.012	عالی
BZ1	0.013	عالی
NS2	0.044	عالی
NZ2	0.022	عالی
BS2	0.008	عالی
BZ2	0.022	عالی
N00	0.012	عالی
B00	0.009	عالی

جدول ۶- درصد خطای دبی اندازه‌گیری (q_d) و تغییرات دبی در قطره‌چکان‌ها (q_{var}) در لوله‌های تولیدی

تیمار	مقدار q_d	گروه‌بندی	مقدار q_{var}	گروه‌بندی
NS1	1.69	خوب	3.38	عالی
NZ1	3.87	خوب	8.48	عالی
BS1	2	خوب	4.4	عالی
BZ1	2.22	خوب	5	عالی
NS2	6.47	متوسط	14.82	قابل قبول
NZ2	6.22	متوسط	11.4	قابل قبول
BS2	1.43	خوب	2.88	عالی
BZ2	6.22	متوسط	11.4	قابل قبول
N00	2.51	خوب	4.94	عالی
B00	1.96	خوب	3.17	عالی

ضریب یکنواختی

آبیاری قطره‌ای سطحی در برخی باغ‌های مرند، میانگین یکنواختی پخش آب را حدود ۹۵ درصد ارزیابی کردند و بیان داشتند سامانه‌های طراحی‌شده از راندمان مناسبی برخوردارند. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۹۸) در ارزیابی فنی سامانه‌های زیرسطحی در کشت نیشکر، مقادیر میانگین ضریب یکنواختی، یکنواختی پخش و یکنواختی آماری را در طی دو فصل زراعی به ترتیب ۸۹/۲، ۸۷/۸ و ۸۹/۷ درصد گزارش کرده و مطرح کردند که عملکرد سامانه به‌طورکلی در محدوده خوب قرار می‌گیرد. نوشادی و قائمی (۱۳۹۱)

جدول ۷ نتایج مربوط به بررسی لوله‌های تولیدشده از نظر ضریب یکنواختی پخش آب در خاک بر اساس روش برالتز (۱۹۸۶)، یکنواختی توزیع بر اساس طبقه‌بندی نوشادی و قائمی (۱۳۹۱)، ضریب یکنواختی آماری بر اساس روش برالتز (۱۹۸۶) و مقدار ضریب یکنواختی ریزش آب قطره‌چکان‌ها را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، همه تیمارها در دو نوع لوله تولیدی به ترتیب پارامتر در گروه‌بندی عالی، مناسب، بالا و عالی طبقه‌بندی شدند و مشکلی در عملکرد آن‌ها مشاهده نشد. یگانه و همکاران (۱۳۹۱) در ارزیابی فنی سامانه‌های

در بررسی فنی و هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس گزارش کردند مقادیر DU و EU در کل استان فارس به ترتیب ۹۷-۶۱ و ۹۵-۵۰ است.

پتانسیل کاربرد آب

نتایج مربوط به میانگین بازده پتانسیل کاربرد آب در چارک پایین و بازده واقعی پتانسیل کاربرد در چارک-پایین در جدول (۸) ارائه شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود، بنا بر دستورالعمل SCS مقادیر PELQ برای لوله‌های تولیدی در گروه‌بندی خوب و در تک تیمار BS2 در گروه متوسط قرار گرفته‌اند؛ بنابراین، مشکلی از نظر کارکرد لوله‌های تولیدی مشاهده نشد. نوشادی و قائمی (۱۳۹۱) در

بررسی فنی و هیدرولیکی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس گزارش کردند که به‌طور متوسط مقادیر PELQ و AELQ در کل استان فارس به ترتیب ۹۳-۳۴ و ۹۳-۴۳ است. یگانه و همکاران (۱۳۹۱) در بررسی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای در مرند مقادیر PELQ و AELQ را به ترتیب ۸۷-۷۱ و ۹۷-۸۴ گزارش نمودند. حسینیان خطیب گورابی (۱۳۹۳) در بررسی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای برای گیاه توت‌فرنگی، مقدار PELQ و AELQ را برای آبیاری قطره‌ای نواری به ترتیب ۸۲/۳۱ و ۹۱/۴۶ درصد به دست آورده و بیان نمود که مقدار زیاد AELQ نشان‌دهنده‌ی عملکرد مناسب سامانه آبیاری است.

جدول ۷- بررسی ضریب یکنواختی پخش، یکنواختی توزیع، یکنواختی آماری و ضریب یکنواختی ریزش بر حسب درصد

تیمار	مقدار CU	گروه‌بندی	مقدار DU	گروه‌بندی	مقدار UC	گروه‌بندی	مقدار EU	گروه‌بندی
NS1	98.60	عالی	97.81	مناسب	98.23	بالا	98.28	عالی
NZ1	97.90	عالی	96.61	مناسب	97.34	بالا	95.21	عالی
BS1	99.00	عالی	98.45	مناسب	98.78	بالا	97.57	عالی
BZ1	98.90	عالی	98.29	مناسب	98.65	بالا	97.14	عالی
NS2	96.50	عالی	94.44	مناسب	95.63	بالا	90.70	خوب
NZ2	98.20	عالی	97.14	مناسب	97.75	بالا	94.35	خوب
BS2	99.40	عالی	99.02	مناسب	99.23	بالا	98.76	عالی
BZ2	98.20	عالی	97.14	مناسب	97.75	بالا	94.38	عالی
N00	99.00	عالی	98.41	مناسب	98.75	بالا	97.50	عالی
B00	99.30	عالی	98.82	مناسب	99.07	بالا	98.77	عالی

جدول ۸- بازده پتانسیل کاربرد آب در چارک‌پایین و بازده واقعی پتانسیل کاربرد در چارک‌پایین

تیمار	مقدار PELQ	گروه‌بندی	مقدار AELQ
NS1	88.72	خوب	92.40
NZ1	85.69	خوب	89.50
BS1	87.82	خوب	91.70
BZ1	87.43	خوب	91.30
NS2	81.62	خوب	85.20
NZ2	84.94	خوب	88.70
BS2	80.02	خوب	92.90
BZ2	79.84	متوسط	88.70
N00	83.26	خوب	91.60
B00	83.60	خوب	92.80

نتیجه بررسی فنی تیپ‌های ساخته‌شده از مواد اکسوزیست‌تخریب‌پذیر در مقایسه با تیپ‌های معمولی نشان داد که تفاوتی بین این دو نوع تیپ در شرایط متفاوت مورد مطالعه در این پژوهش از نظر اینکه تیپ روی یا زیر

خاک قرار گیرد، یا گیاه با یا بدون سایه باشد، قابل صرف‌نظر کردن است؛ بنابراین، می‌توان از این نوع تیپ با توجه به مزایای زیست‌محیطی آن و عدم نیاز به جمع‌آوری یا آتش زدن تیپ‌ها پس از برداشت محصول استفاده کرد.

شاخص‌های بهره‌وری

عملکرد

جدول (۹) مقایسه میانگین عملکرد برای دو گیاه تربچه و لوبیا که با لوله‌های تیپ تولیدی آبیاری شده‌اند را نشان می‌دهد. عملکرد در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی تفاوت معنی‌داری ندارند ($p>0.05$). نتایج به‌دست آمده نشان داد که عملکرد تربچه در آبیاری نواری سطحی با عملکرد 3644 kg/ha حدود ۱۶ درصد بیشتر از تیمار آبیاری نواری زیرسطحی با عملکرد 3147 kg/ha بود. این مقدار برای لوبیا در آبیاری نواری زیرسطحی با عملکرد 3147 kg/ha حدود ۱۱ درصد بیشتر از آبیاری نواری سطحی با عملکرد 2847 kg/ha بود. هر چند تفاوت عملکردها در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیست اما به‌نظر می‌رسد تفاوت مشاهده‌شده به این دلیل است که عمق کم ریشه تربچه مانع از استفاده حداکثری از آب توزیع‌شده در عمق ۱۵ سانتی‌متری خاک شده، درحالی‌که ریشه عمیق‌تر لوبیا باعث شده که استفاده مناسب‌تری از آب آبیاری انجام شود.

بوزکورت و منصور اوغلو (۲۰۱۸) گزارش کردند که عملکرد کاهو در آبیاری قطره‌ای سطحی و آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در دو عمق ۱۰ سانتی‌متری و ۲۰ سانتی‌متری تفاوتی با یکدیگر ندارد. نتایج پژوهش کولاک و همکاران (۲۰۱۸) راجع به گیاه بادمجان نشان داد که آبیاری قطره‌ای

سطحی عملکرد بیشتری نسبت به آبیاری قطره‌ای زیرسطحی به میزان $7/3$ و 11 درصد برای دور آبیاری سه روزه و شش روزه در سال اول داشت؛ اما عملکرد این دو سامانه در سال دوم مشابه بود. به همین دلیل نتیجه‌گیری شد که برای دستیابی به عملکرد بادمجان با کیفیت بهتر در منطقه مدیترانه‌ای ترکیه، هر دو روش آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و آبیاری قطره‌ای سطحی با دور آبیاری سه روزه توصیه می‌شوند. در پژوهشی دیگر روی کاهو که در مزرعه‌ای در دره سالیانس کالیفرنیا انجام شد و روش‌های آبیاری آن شامل آبیاری جویچه‌ای، قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بود به این نتایج رسیدند که عملکرد کاهو نتایج مشابهی را برای تیمار آبیاری قطره‌ای جویچه‌ای و قطره‌ای زیرسطحی و عملکرد کمتری را برای روش آبیاری قطره‌ای سطحی نشان داد. مقدار آب مصرفی برای روش‌های آبیاری قطره‌ای زیرسطحی و سطحی به‌ترتیب بین ۴۳ تا ۷۴ درصد آب مصرفی روش جویچه‌ای بود (هانسون و همکاران، ۱۹۹۷). همچنین در مقایسه آبیاری سطحی و زیرسطحی برای پیاز عملکرد بهتر آبیاری قطره‌ای زیرسطحی گزارش شده است (سلیمان و همکاران، ۲۰۲۰). بنا بر نتایج مطالعات مطرح‌شده در بالا، در مورد گیاهان مختلف به‌ویژه سبزی‌ها نمی‌توان به یک انتخاب نهایی بین آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر اساس عملکرد رسید.

جدول ۹- مقدار عملکرد دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی با لوله‌های تولیدی برای لوبیا و تربچه

آبیاری قطره‌ای نواری	عملکرد تربچه (kg/ha)	عملکرد لوبیا (kg/ha)
سطحی	3644	2018
زیرسطحی	3147	2847

بهره‌وری آب آبیاری

در مقایسه میانگین بهره‌وری آب آبیاری برای دو سامانه آبیاری نواری سطحی و زیرسطحی با لوله‌های تولیدی برای هر دو گیاه کشت‌شده، اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود ندارد ($p>0.05$). بر اساس شکل (۷)، مقادیر بهره‌وری برای تربچه در آبیاری زیرسطحی (10 kg/m^3) بیشتر از مقدار آن در آبیاری نواری سطحی

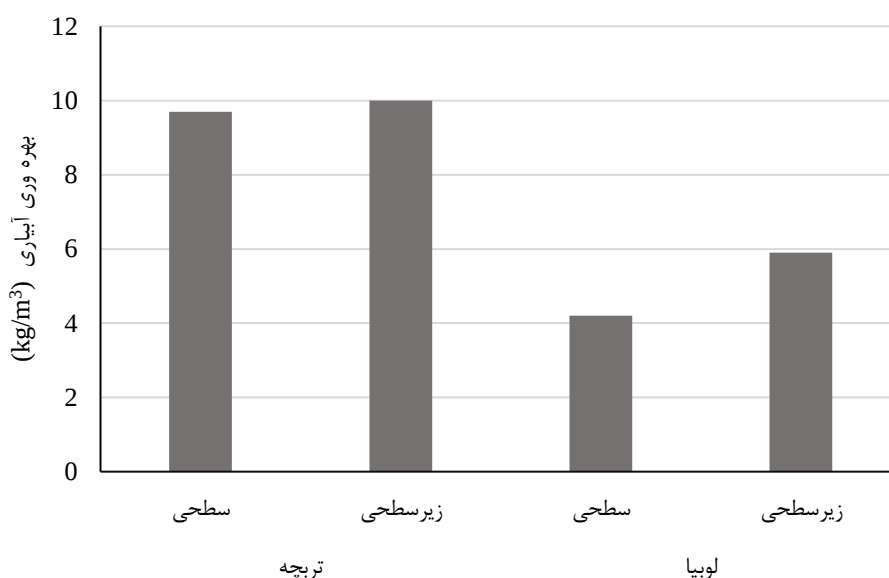
($9/7 \text{ kg/m}^3$) و برای لوبیا نیز در آبیاری نواری زیرسطحی ($5/9 \text{ kg/m}^3$) بیشتر از آبیاری نواری سطحی ($4/9 \text{ kg/m}^3$) است. مقبلی مهنی دررودی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که اثر سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر بهره‌وری گیاه گل‌محمدی معنی‌دار نیست. شینی دشتگل و همکاران (۱۳۹۸) در بررسی شاخص بهره‌وری آب برای گیاه نیشکر به این نتیجه رسیدند که تیمارهای آزمایش از

نظر فاصله بین قطره‌چکان‌ها، در سطح یک درصد معنی‌دار بوده ولی از نظر اعماق کارگذاری و اثرات متقابل فاصله و عمق کارگذاری، اختلاف معنی‌داری ندارند.

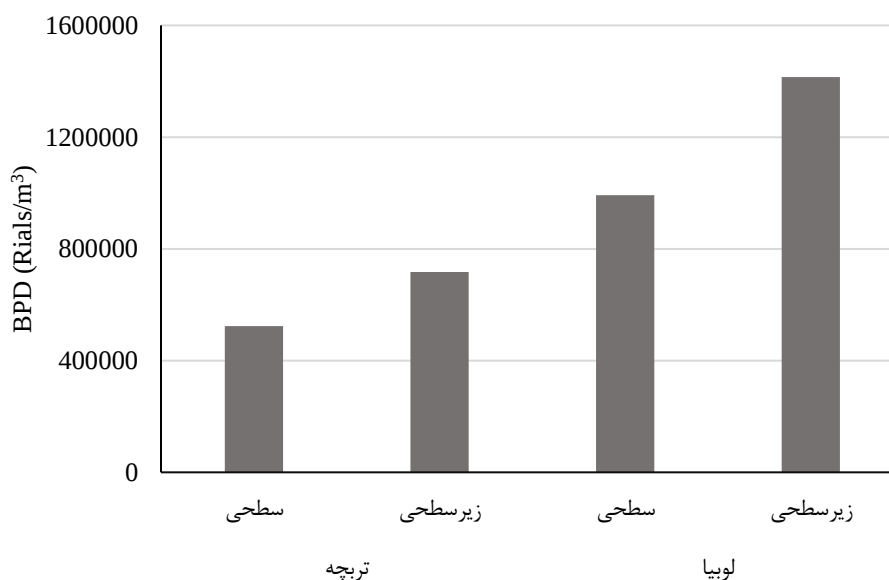
درآمد به ازای واحد آب مصرفی

شکل ۸ نتایج مقایسه میانگین بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری برای دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و

زیرسطحی با لوله‌های تولیدی، برای دو گیاه را نشان می‌دهد. بر این اساس، مقادیر در هر دو گیاه اختلاف معنی‌داری با یکدیگر ندارند ($p>0.05$)، ولی مقدار بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری برای تربچه در آبیاری زیرسطحی (717534 Rial/m^3) بیشتر از آبیاری سطحی (523288 Rial/m^3) و برای لوبیا نیز در آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (1415442 Rial/m^3) بیشتر از آبیاری سطحی (992517) بود.



شکل ۷- بهره‌وری آبیاری در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی



شکل ۸- بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (BPD) در دو سامانه آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی

نتیجه گیری

استفاده کرد. با توجه به وضعیت منابع آب کشور و ضرورت استفاده از آبیاری قطره‌ای در راستای کاهش مصرف آب، توصیه می‌شود که نوارهای آبیاری قطره‌ای از مواد جدید که دوست‌دار محیط‌زیست هستند تهیه شوند و دولت از شرکت‌های سازنده‌ی تیپ که از مواد زیست‌تخریب‌پذیر استفاده می‌کنند، حمایت کند. از آنجایی که در صورت استفاده از تیپ در بیش از یک فصل زراعی به دلیل مشکلات عدیدهای که در این موارد ممکن است رخ دهد، استفاده از تیپ زیست‌تخریب‌پذیر می‌تواند گزینه‌ی بسیار مناسبی باشد.

تعارض منافع

در این مقاله تعارض منافی وجود ندارد و این مسئله مورد تأیید نویسندگان مقاله است.

در مقایسه تیپ‌های آبیاری ساخته‌شده از نظر فنی، نتیجه‌گیری شد که هر دو لوله پلی‌اتیلن معمولی و پلی‌اتیلن ساخته‌شده با مواد اکسوزیست‌تخریب‌پذیر در طی دوره کارکرد خود حداقل برای یک سال از نظر خصوصیات فنی، عملکرد مناسب و خوبی را در همه تیمارهای آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی، با گیاه سایه‌انداز و با گیاه بدون سایه داشتند. تیمار آبیاری قطره‌ای نواری سطحی و زیرسطحی دو گیاه لوبیا و تربچه از نظر عملکرد و شاخص‌های بهره‌وری در آبیاری با لوله‌های تولیدی اکسوزیست-تخریب‌پذیر تفاوتی با یکدیگر نداشتند.

از محصولات اکسوزیست‌تخریب‌پذیر می‌توان در قسمت‌های دیگر در بخش کشاورزی که تولید پسماند پلاستیکی زیادی دارد (خاکپوش، کیسه‌های کود، تور و...)

فهرست منابع

۱. احسانی، مهرزاد، و خالدی، هومن، ۱۳۸۲. بهره‌وری آب کشاورزی. کمیته آبیاری و زهکشی ایران. تهران. ۱۰۹ صفحه.
۲. احمدآلی، خالد، لیاقت، عبدالمجید و پورمحسنی، عباسعلی، ۱۳۹۵. بررسی مسائل، مشکلات و اثرات زیست‌محیطی آبیاری موضعی نواری. مدیریت آب در کشاورزی، ۳(۱)، صص. ۵۹-۷۲.
۳. اخوان، سمیرا، موسوی، سیدفرهاد، مصطفی‌زاده‌فرد، بهروز و قدمی فیروزآبادی، علی، ۱۳۸۶. بررسی آبیاری تیپ و شیاری از لحاظ عملکرد و کارایی مصرف آب در زراعت سیب‌زمینی. علوم آب‌ونخاک، ۱۱(۴۱)، صص. ۱۵-۲۷. [doi: 10.1001.1.22518517.1386.11.41.2.9](https://doi.org/10.1001.1.22518517.1386.11.41.2.9)
۴. باقری، رقیه، حسام، موسی، کیانی، علیرضا و هزارجریبی، ابوطالب، ۱۳۹۵. تعیین کارایی سیستم آبیاری قطره‌ای زیرسطحی (مطالعه موردی: باغ هلو و مرکبات شهرستان کردکوی). پژوهش آب/ایران، ۲۰(۱۰)، صص. ۶۹-۷۹.
۵. حسن‌زاده‌آرنایی، شیلان و فتحی، پرویز، ۱۳۹۲. بررسی اثر قطر ذرات بر گرفتگی فیزیکی نوارهای آبیاری قطره‌ای. حفاظت منابع آب‌ونخاک، ۳(۲)، صص. ۷۳-۸۱.
۶. حسینیان خطیب گورابی، صغری، ۱۳۹۳. بررسی فنی و اقتصادی دو سامانه آبیاری قطره‌ای نواری و لوله‌های قطره‌چکان‌دار برای محصولات گلخانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد مهندسی آب، گیلان، دانشگاه گیلان.
۷. خالدیان، محمدرضا، حسینیان، صغری و معتمد، محمدکریم، ۱۳۹۵. ارزیابی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای و بارانی از لحاظ شاخص‌های اقتصادی بهره‌وری آب در جنوب فرانسه. پژوهش آب در کشاورزی، ۲(۳۰۹)، صص.

doi: 10.22092/jwra.2016.106645 ۲۱۵-۲۲۶

۸. شینی دشتگل، علی، برومندنسب، سعید و ناصری، عبدعلی، ۱۳۹۸. ارزیابی فنی و هیدرولیکی قطره‌چکان‌ها و بررسی کارایی سامانه‌ی آبیاری قطره‌ای زیرسطحی در کشت نیشکر. پژوهش آب در کشاورزی، ۳۳(۳)، صص. ۳۹۷-۴۱۱.
۹. صمدی پور هندواری، سهیلا، پیغمبردوست، سیده‌ادی و پیغمبردوست، سیدجمال‌الدین، ۱۳۹۲. مروری بر پلیمرهای زیست تخریب پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی و راهکارهای بهبود کارایی آنها با افزودن نانوذرات. بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران. شیراز.
۱۰. کاظم‌عطار، هستی، نوری، حمیده و ابراهیمیان، حامد، ۱۳۹۹. تأثیر بهای واقعی آب بر گسترش سطح روش‌های آبیاری تحت فشار و بهبود بهره‌وری اقتصادی آب آبیاری (مطالعه موردی: شبکه آبیاری دشت قزوین). آبیاری و زهکشی ایران، ۱۴(۲)، صص. ۶۱۶-۶۲۵. **doi: 20.1001.1.20087942.1399.14.2.22.7**
۱۱. عزیزاده، امین، ۱۳۸۵. طراحی سیستم‌های آبیاری (جلد دوم) طراحی سیستم‌های آبیاری تحت فشار. چاپ اول. انتشارات آستان قدس رضوی. ۳۶۷ صفحه.
۱۲. عزیزاده، امین، ۱۳۸۸. آبیاری قطره‌ای (اصول و عملیات)، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۹۳ صفحه.
۱۳. کریمی، محمد و جلینی، محمد، ۱۳۹۶. بررسی شاخص‌های بهره‌وری آب کشاورزی در محصولات مهم زراعی، مطالعه موردی: دشت مشهد (یادداشت فنی). آب و توسعه پایدار، ۱(۴)، صص. ۱۳۳-۱۳۸.
- Doi: 10.22067/jwsd.v4i1.52783**
۱۴. کریمی، احمد، همایی، مهدی و لیاقت، عبدالمجید، ۱۳۸۴. یکنواختی توزیع آب و کود در سیستم آبیاری نواری. پژوهش کشاورزی. پژوهش در کشاورزی، ۲(۵)، صص. ۵۳-۶۷.
۱۵. دهقانی سانچ، حسین و کشاورز، عباس، ۱۳۹۱. شاخص بهره‌وری آب و راهکار آتیه کشاورزی کشور. راهبرد اقتصادی، ۱۱(۱)، صص. ۱۹۹-۲۳۳.
۱۶. محققزاده، هژبر و کرمی، عزت‌اله، ۱۳۹۶. سازه‌های اثرگذار بر بهینگی مصرف آب در آبیاری قطره‌ای نواری در کشت گوجه‌فرنگی. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران، ۱۳(۲)، صص. ۷۱-۸۹.
- Dor: 20.1001.1.20081758.1396.13.2.5.5**
۱۷. محمدی، هادی، خالدیان، محمدرضا و الفتی، جمال‌علی، ۱۴۰۱. امکان‌سنجی ساخت لوله‌های تیپ آبیاری قطره‌ای از مواد زیست تخریب پذیر. آبیاری و زهکشی ایران، ۱۶(۱)، صص. ۲۰۵-۲۱۵.
- Dor: 20.1001.1.20087942.1401.16.1.16.3**
۱۸. مقبلی مهنی درودی، اسماء، دلبری، معصومه و کوهی، نادر، ۱۳۹۳. تأثیر آبیاری قطره‌ای سطحی و زیرسطحی بر عملکرد گل محمدی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری. تحقیقات آب و خاک ایران، ۴۵(۴)، صص. ۴۰۵-۴۱۲.
۱۹. نوشادی، مسعود و قائمی، علی‌اصغر، ۱۳۹۱. بررسی فنی و هیدرولیکی سیستم‌های آبیاری قطره‌ای در استان فارس. آبیاری و زهکشی ایران، ۶(۴)، صص. ۲۵۴-۲۶۴.
۲۰. یگانه، زینب، بهمنش، جواد و رضایی، حسین، ۱۳۹۱. ارزیابی فنی آبیاری قطره‌ای در برخی باغ‌های شهرستان مرند. پژوهش آب در کشاورزی، ۴(۲۶)، صص. ۴۴۹-۴۶۰. **doi: 10.22092/jwra.2013.131424**
21. Billingham, N., Chiellini, E., Corti, A., Baci, R. and Wiles, D.M., 2003. Environmentally degradable plastics based on oxo-biodegradable of conventional polyolefins. *Biodegradable Polymers and Plastics*, 37, pp.313-325.
22. Bozkurt, S. and Mansuroglu, G.S., 2018. Responses of unheated greenhouse grown green bean to buried drip tape placement depth and watering levels. *Agricultural Water Management*, 197(1-3), pp.209-223.

23. Bralts, V.F., 1986. Field performance and evaluation. *Developments in Agricultural Engineering*, 9, pp.216 – 240.
24. Colak, Y.B., Yazar, A., Gonen, E. and Caglar Eroglu, E., 2018. Yield and quality response of surface and subsurface drip-irrigated eggplant and comparison of net returns. *Agricultural Water Management*, 206, pp.165-175.
25. Darouich, H., Cameira, M.R., Gonçalves, J.M., Paredes, P. and Pereira, L.S., 2017. Comparing sprinkler and surface irrigation for wheat using multicriteria analysis: water saving vs. economic returns. *Water*, 9(1), pp.50-69.
26. El-Sayed, O.M. and El-Hagarey, M.E., 2014. Evaluation of ultra-low drip irrigation and re-relationship between moisture and salts in soil and peach (*Pruns Persica*) yield. *American Journal of Science*, 10(8), pp.12-28.
27. Hanson, B.R., Schwankl, L.J., Schulbach, K.F. and Pettygrove, G.S., 1997. A comparison of furrow, surface drip, and subsurface drip irrigation on lettuce yield and applied water. *Agricultural Water Management*, 33(2-3), pp.139-157.
28. Harby, M.S., 2010. Studies on Bioplastic for Developing and Evaluating Drip Irrigation. Ph.D. Institute of Agronomy and Plant Breeding, Professorship of Agronomy, Germany.
29. Keller, J. and Karmeli, D., 1974. Trickle irrigation design parameters. *Transaction of the ASAE*, 17(4), pp.678-384.
30. Merriam, J.L. and Keller, J., 1978. Farm Irrigation System Evaluation: A Guide for Management. Utah State University, Utah.
31. Mohammadi, M.H., Khaledian, M.R. and Olfati, J.A., 2024. Using degradable oxidizing additives in the manufacturing of drip irrigation tapes to prevent environmental problems. *Irrigation and Drainage*, 74(1), pp.43-54.
32. Morison, J.I.L., Baker, N.R., Mullineaux, P.M. and Davies, W.J., 2008. Improving water use in crop production. *Sustainable Agriculture*, 363(1491), pp.639–658.
33. Pathak, S., Sneha, C. and Mathew, B.B., 2014. Bioplastics: Its timeline based scenario and challenge. *Journal of Polymer and Biopolymer Physics Chemistry*, 2(4), pp.84-90.
34. Puig- Bagues, J., Arbat, G., Elbana, M., Duran-Ros, M., Barragan, J., Ramirez de Cartagena, F. and Lamm, F.R., 2010. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, 97(6), pp.883-891.
35. Scott, G., 2000. Green polymers. *Polymers Degradation and Stability*, 68, pp.1-7.
36. Soliman, A., Morad, M., Wasfy, K.I. and Moursy, M., 2020. Utilization of aquaculture drainage for enhancing onion crop yield under surface and subsurface drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 239, pp.106244.
37. Stevens, E.S., 2003. What makes green plastics green? *Biocycle*, 44(3), pp.24–27.
38. Ojeda, T.F.M., Dalmolin, E., Forte, M.M.D.C., Jacques, R.J.S., Bento, F.M. and Camargo, F.A.O., 2009. Abiotic and biotic degradation of oxo-biodegradable polyethylenes. *Polymer Degradation and Stability*, 94(6), pp.965–976.
39. Tian, K. and Bilal, M., 2020. Chapter 15-Research progress of biodegradable materials in reducing environmental pollution. *Abatement of Environmental Pollutions*, pp. 313-330.
40. Tokiwa, Y., Calabia, B.P., Ugwu, C.U. and Aiba, S., 2009. Biodegradability of plastics. *International Journal of Molecular Sciences*, 10(9), pp.3722-3742.
41. Tung, J.F., Wiles, D.M., Cermak, B.E., Gho, J.G. and Hare, C.W.J., 1999. Totally degradable polyolefin products. Addcon World, Prague, RAPRA Technology, pp: 17.
42. Wiles, D.M. and Scott, G., 2006. Polyolefins with controlled environmental degradability. *Polymer Degradation and Stability*, 81(6), pp.1591-1582.